

1/5/2 (Item 1 from file: 351) [Links](#)

Fulltext available through: [Order File History](#)

Derwent WPI

(c) 2008 The Thomson Corporation. All rights reserved.

0002064672

WPI Acc no: 1980-J4382C/198039

AC sectionalised superconductive cable - has external thermal insulator about electrodes separating outer case from normal metal core elements

Patent Assignee: POWER INST DES BUR (POWE-R); POWER RES INST (POWE-R)

Inventor: GOLENCHENK V A; RYBIN I V; VULIS M L

Patent Family (1 patents, 1 & countries)

Patent Number	Kind	Date	Application Number	Kind	Date	Update	Type
SU 714510	A	19800207	SU 481690	A	19540418	198039	B
			SU 2125149	A	19750418		

Alerting Abstract SU A

Cable may be used in design of superconducting transmission lines and is reduced in size while ensuring continuous supply and maintaining superconductivity on short-circuit. This is due to use of a thermally insulating screen and phase conductor, comprising at least one conductor in two parts, one hollow with superconducting and stabilised substrate, the other inside the first.

The diagram shows a cross-section of a single phase coaxial cable with pipe conductors, comprising thermal layer (1), phase conductor (2), hollow part (3) with superconductor (4), stabilised substrate (5), normal metal part (6), return conductor (7), substrate (8), normal metal part (9), local sections (10), low conductivity material (11), end (13) connection points, helium coolant (16), dielectric (18), and electrodes (21).

Title Terms /Index Terms/Additional Words: AC; SECTION; SUPERCONDUCTING; CABLE; EXTERNAL; THERMAL; INSULATE; ELECTRODE; SEPARATE; OUTER; CASE; NORMAL; METAL; CORE; ELEMENT

Class Codes

International Patent Classification

IPC	Class Level	Scope	Position	Status	Version Date
H01B-012/00			Secondary		"Version 7"

File Segment: EPI;

DWPI Class: X12

Manual Codes (EPI/S-X): X12-D06

Союз Советских
Социалистических
Республик



Государственный комитет
СССР
по делам изобретений
и открытий

О П И С А Н И Е ИЗОБРЕТЕНИЯ

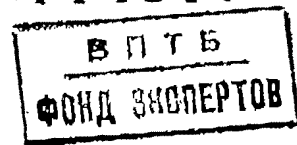
К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

- (61) Дополнительное к авт. свид-ву —
(22) Заявлено 18.04.75 (21) 2125149/24-07
с присоединением заявки № 2481690/07
(23) Приоритет по пп. 3-5 03.05.77

Опубликовано 05.02.80. Бюллетень № 5

Дата опубликования описания 07.02.80

(11) 714510



(51) М. Кл.²

Н 01 В 12/00

(53) УДК 621.315
(088.8)

(72) Авторы
изобретения

И. В. Рыбин, И. Л. Булис, В. А. Голентченко,
И. С. Шевченко, В. Г. Щедрин и П. В. Шендерович

(71) Заявители

Государственный научно-исследовательский
энергетический институт им. Г. М. Кржижановского
и Особое конструкторское бюро № 1 Государственного
научно-исследовательского энергетического
института им. Г. М. Кржижановского

(54) СЕКЦИОНИРОВАННЫЙ СВЕРХПРОВОДЯЩИЙ КАБЕЛЬ
ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Изобретение относится к области
кабельной техники, а именно к конст-
рукциям сверхпроводящих кабелей пе-
ременного тока, и может быть исполь-
зовано, например, при проектировании
сверхпроводящих линий электропере-
дач.

Современная энергетическая систе-
ма характеризуется уровнями токов
короткого замыкания, превышающими
более, чем на порядок, уровень номи-
нальных токов, а их длительность в
сильной степени зависит от развет-
вленности системы и организации ее
защиты и может достигать нескольких
секунд.

Обеспечение работоспособности
сверхпроводящего кабеля, сразу же по-
сле прекращения режима короткого замы-
кания в линии электропередачи, явля-
ется актуальнейшей технической зада-
чей проектирования сверхпроводящего
кабеля. Существуют две основные кон-
цепции в подходе к решению указан-
ной задачи.

Первая базируется на мнении, что
сверхпроводящие свойства кабеля долж-
ны сохраняться в течении всего перио-
да токовой перегрузки, при этом сверх-
проводящий кабель может либо отклю-

чаться от энергосистемы, либо оста-
ваться в работе в этот период; вто-
рая — что должны быть созданы условия
обеспечивающие возвращение сверхпро-
водящих свойств в неотключаемом ка-
беле после прекращения перегрузки.

Большинство технических решений
первой группы содержат в качестве
основных элементов токоограничиваю-
щее устройство и размыкатель, при-
чем токоограничивающее устройство
может быть выполнено либо в виде
сверхпроводящей управляемой вставки
[1], либо различного рода реакто-
ров или резонансных устройств, шун-
тируемых реакторов [2]. Размыкатели
также могут быть выполнены либо
традиционными, либо сверхпроводящи-
ми, но в обоих случаях коммутация
тока короткого замыкания осуществля-
ется на теплом уровне.

Основными недостатками решений, ис-
пользующих управляемые сверхпроводя-
щие вставки, являются следующие:

— значительный расход сверхпро-
водникового материала, обусловленный
необходимостью в режиме короткого
замыкания создать значительное со-
противление, обеспечивающее эффект
токоограничения;

- отсутствие стабилизирующего материала, который снижает эффект токоограничения, а следовательно, необходимость использовать сверхпроводники, обладающие повышенной теплоемкостью, такие как свинец;

- необходимость создания специальной аппаратуры управления и системы охлаждения;

- низкая надежность и большая стоимость, а также значительное время на восстановление сверхпроводящих свойств вставки для повторного включения кабеля в линию.

Для решений, основанных на реакторах, либо резонансных устройствах, характерны значительные габариты устройств и их высокая стоимость.

Существуют решения [3], основанные на быстродействующем отключении кабеля без применения токоограничителей с помощью различного рода заземлителей, выключателей и предохранителей.

Однако быстродействие всех этих устройств недостаточно. Кроме того, все эти решения связаны с разрывом цепи тока, что приводит к выводу запасенной в кабеле электромагнитной энергии, для рассеивания которой необходимо предусматривать специальные меры, а также требуют введения устройств повторного включения.

Известно лишь одно решение [4], обеспечивающее сохранение сверхпроводимости в режиме короткого замыкания в неотключаемом от энергосистемы кабеле, которое заключается в использовании двух слоев сверхпроводника, один из которых предназначен для несения номинального тока, а другой - тока перегрузки.

Однако значительный вклад в стоимость сверхпроводящей линии электропередачи, вносимый рефрижератором, а также угнетение процесса прокачки однофазного хладагента и совершенствование технологии производства высокотемпературных сверхпроводников привело к использованию в качестве основного токонесущего элемента номинального режима сверхпроводника с высокими критическими параметрами. Так, например, некоторые исследования [5], проведенные со сверхпроводником Nb_3Sn показали, что величина поля проникновения (H^*) и толщина слоя сверхпроводника (Δ_m) связаны зависимостью $H^* \sim V\Delta_m$ [1].

Следовательно, если для несения тока перегрузки будет выбран аналогичный основному слою, сверхпроводник, то для сохранения такого же уровня потерь в нем его толщину необходимо будет увеличить по отношению к слою основного сверхпроводника в квадрат отношения тока перегрузки и номинального тока, т.е. толщина слоя стабилизирующего сверхпроводника по меньшей

мере на два порядка будет превышать толщину основного слоя, достигая миллиметра.

Получить сверхпроводник такой толщины с такими критическими параметрами при современной технологии практически невозможно.

Поскольку потери в таких сверхпроводниках с величиной поля связаны сугубо нелинейно: степенной зависимостью с показателем степени, значительно превосходящем единицу, то при выполнении второго слоя сверхпроводника (рассчитанного на режим короткого замыкания) всего лишь в несколько раз меньшей толщины, чем требуется на выше приведенного условия [1], стабилизировать основной слой сверхпроводника не удастся.

Поэтому наиболее простым и приемлемым путем решения проблемы перегрузки является допущение потери сверхпроводимости кабеля на время токовой перегрузки с последующим восстановлением сверхпроводящих свойств.

Такое решение не требует отключения кабеля и не выставляет невыполнимых условий на изготовление сверхпроводника.

Практически все подобные решения связаны непосредственно с конструкцией кабеля.

Наиболее простым из них является использование стабилизирующей подложки сверхпроводящей токонесущей системы в качестве пути для транспорта тока короткого замыкания [6].

Однако в этом случае восстановление сверхпроводимости происходит лишь при определенном сочетании уровня тепловыделений в подложке, теплоемкости хладагента и условия теплообмена:

- уровень тепловыделений определяется удельным электросопротивлением материала подложки и ее периметром, поскольку на переменном токе при низких температурах в чистых металлах наблюдается сильный скин-эффект;

- теплоемкость хладагента определяется его температурой и давлением, а также количеством хладагента в кабеле, что, в свою очередь, влияет на систему хладообеспечения, параметры рефрижератора и конструкцию кабеля;

- интенсивность теплообмена зависит от режима течения хладагента, который определяется номинальной тепловой нагрузкой, и определяет количество тепла, рассеиваемого токонесущей системой до полного восстановления сверхпроводимости, через температурную зависимость удельного электросопротивления.

Каждый из перечисленных факторов связан со стоимостью кабеля.

5

714510

6

Наиболее полное использование токонесущих свойств сверхпроводящего материала значительно сокращает расходы на токонесущую систему и криогенную оболочку, а также уменьшает внешний теплоприток. При этом оптимизация сверхпроводящей линии электропередачи в сильной степени зависит от технологии изготовления жестких сверхпроводников и стоимости охлаждающих секций. По мере совершенствования процессов получения сверхпроводников и конструкции рефрижераторов габариты кабеля приближаются к минимальным, определенным токонесущей способностью сверхпроводника.

Однако и в настоящее время оптимизация сверхпроводящей линии электропередачи в большинстве случаев дает габариты, близкие к минимальным, что вступает в противоречие с условиями, обеспечивающими возвращение сверхпроводящих свойств, после режима короткого замыкания.

Действительно, подложка сверхпроводника, выполненная из нормального металла, имеет своим назначением стабилизацию сверхпроводника при различного рода возмущениях, связанных со скачками магнитного потока, механическими перемещениями, не однородностью свойств сверхпроводника и т.п., переводящих локальные участки сверхпроводника в нормальное состояние. При этом подложка играет роль шунтирующего и теплопроводящего элемента, поэтому практически любой участок сверхпроводника должен иметь хороший тепловой и электрический контакт с ней.

Однако транспорт электрического тока по подложке в режиме короткого замыкания за счет наличия указанного выше хорошего теплового контакта со сверхпроводником вызывает значительный разогрев сверхпроводящей токонесущей системы, уменьшить который до уровня, сохраняющего сверхпроводящие свойства, практически не удается, поскольку потери на переменном токе даже в очень чистых металлах на порядки превосходят гистерезисные потери в сверхпроводнике.

Как отмечалось выше, возвращение сверхпроводящих свойств будет обеспечено лишь при определенном сочетании уровня тепловыделений в подложке и объема хладагента, что определяет габариты кабеля, в несколько раз превосходящие габариты кабеля, рассчитанного по номинальному режиму.

Наиболее близкой по технической сущности и признакам к заявляемой конструкции является конструкция сверхпроводящего кабеля [7], содержащая теплоизолирующую оболочку, экран из сверхпроводника со стабилизирующей подложкой и фазный проводник,

включающий по меньшей мере один токопровод из двух жил, одна жила выполнена в виде полого элемента со сверхпроводником и стабилизирующей подложкой, а другая размещена внутри первой.

В указанной прототипе внутренняя жила также содержит сверхпроводник и предназначена для переноса постоянного тока одновременно с внешней жилой, в то время как переменный ток переносит лишь внешняя жила. В случае передачи электроэнергии переменным током внутренняя жила может рассматриваться как дополнительный стабилизирующий элемент номинального режима работы, который вместе с внешней жилой будет участвовать в несении тока перегрузки.

Начиная с определенной величины токовой перегрузки, значительно меньшей уровня токов короткого замыкания, работа такого кабеля и его состояние будут эквивалентны кабелю, в котором подложка сверхпроводника предназначена для несения токов короткого замыкания. Имея достоинства, усматриваемые в возможности его использования как в цепях переменного, так и постоянного тока, такой кабель обладает всеми, указанными выше, недостатками, характерными для режима короткого замыкания как конструкции кабеля с двухслойным сверхпроводником, так и кабеля со сверхпроводником, стабилизирующая подложка которого несет ток короткого замыкания.

Целью изобретения является уменьшение габаритов кабеля при обеспечении непрерывного энергоснабжения потребителя, в том числе и в случае потери сверхпроводимости в режиме короткого замыкания.

Указанная цель достигается тем, что в секционированном сверхпроводящем кабеле переменного тока, содержащем теплоизолирующую оболочку, экран и фазный проводник, включающий, по меньшей мере один токопровод из двух жил, одна жила выполнена в виде полого элемента со сверхпроводником и стабилизирующей подложкой, а другая размещена внутри первой стабилизирующей подложки каждой секции фазного проводника образована локальными участками стабилизирующего материала, разделенными материалом меньшей электропроводности, обе жилы фазного проводника электрически соединены по меньшей мере в местах предназначенных для подсоединения концевых устройств, причем внутренняя жила выполнена из нормального металла, а толщина стабилизирующего материала подложки не превышает эффективной глубины проникновения переменного тока.

При этом разделяющим материалом подложки может являться как диэлектрик, так и металл или сплав, а ста-

близирующий материал подложки может быть армирован сверхпроводящим материалом.

Для улучшения стабилизации кабеля в номинальном режиме в случае использования в качестве разделяющего материала металла или сплава обращенная в жилу из нормального металла поверхность разделяющего материала подложки покрыта слоем сверхпроводника, например, аналогичного основному сверхпроводнику.

Аналитическое выражение перераспределения тока между сверхпроводящей жилой и жилой из нормального металла для краевой конструкции однофазного кабеля может быть записано так:

$$J_{cn} \frac{\sqrt{[R_x(R_x + R_{cn}) + (\omega \Delta L)^2] + (\omega \Delta L R_{cn})^2}}{J_{bx} [(R_x + R_{cn})^2 + (\omega \Delta L)^2]} \quad (2)$$

где J_{bx} — полный ток на входе кабеля;

J_{cn} — ток в сверхпроводящей жиле;

R_x — активное сопротивление жилы из нормального металла;

R_{cn} — эффективное (эквивалентное) активное сопротивление сверх-

проводящей жилы с учетом сопротивления подложки;

$\omega \Delta L$ — разность индуктивных сопротив-

лений сверхпроводящей жилы и жилы из нормального металла.

Для сверхпроводящего кабеля, в котором используются чистые металлы,

характерным является выполнение ус-

ловия:

$$\omega \Delta L > R_x \quad (3)$$

Дока входной тока кабеля (J_{bx}) не превышает критического, весь ток бу-

дет протекать по сверхпроводящей жи-

ле, т.е.

$$\frac{J_{cn}}{J_{bx}} = 1$$

Однако при увеличении входного то-

ка выше критического начинается рез-

кое увеличение сопротивления сверх-

проводника за счет движения нитей

магнитного потока. Поскольку сверх-

проводящая жила находится в охлажда-

ющей среде с конечным значением коэф-

фициента теплопередачи, то начинает-

ся разогрев сверхпроводника, который

приводит к лавинообразному процессу

разрушения сверхпроводимости, т.е.

к увеличению сопротивления R_{cn} вплоть

до значений, соответствующего сверх-

проводнику, перешедшему в нормальное

состояние, смутившему подложкой.

По мере увеличения R_{cn} происходит

перераспределение тока между сверх-

проводящей жилой и жилой из нормаль-

ного металла.

В предлагаемой конструкции, бла-

годаря значительному увеличению сопро-

тивления подложки транспортному току,

значения R_{cn} превышают $\omega \Delta L$, что при-

водит к усилению перераспределения то-

ка, которое может быть записано так:

$$\frac{J_{cn}}{J_{bx}} \approx \frac{\omega \Delta L}{R_{cn}} \quad (4)$$

Следовательно, большая часть тока будет вытеснена в жилу из нормального металла, выполненную, например, транспонированными проводниками, для которых тепловыделения будут определены уже не периметром сверхпроводящей жилы, а охватываемым ею сечением. Тогда уменьшение тепловыделений в такой жиле по отношению к тепловыделением в подложке кабеля обычной конструкции будет определено выражением

$$\frac{W_n}{W_x} = K_3 \frac{D}{\delta} \quad (5)$$

где W_n — тепловыделения в подложке

кабеля обычной конструкции;

W_x — тепловыделения в жиле из

нормального металла предлага-

емой конструкции кабеля;

K_3 — коэффициент заполнения се-

чений фазного проводника

жилы из нормального метал-

ла;

D — диаметр фазного проводника;

δ — скин-слой стабилизирующего

материала подложки.

Устранение заметного влияния вих-

ревых потерь в проводниках жилы из

нормального металла на общие тепло-

выделения в ней легко осуществляется

соответствующим выбором диаметра

единичных проводников жилы.

Требования, предъявляемые к величине

сопротивления сверхпроводящей жи-

лы, могут быть установлены из сле-

дующих соображений: величина тепло-

выделений в подложке кабеля обычной

конструкции равна:

$$W_n = J_{bx}^2 R_n \quad (6)$$

где J_{bx} — ток перегрузки (входной ток

кабеля);

R_n — сопротивление подложки.

Сопротивление подложки определяют

так:

$$R_n = \rho \frac{l}{\pi D \delta} \quad (7)$$

где ρ — удельное электросопротив-

ление материала подложки;

l — длина кабеля.

С другой стороны, тепловыделения

в сверхпроводящей жиле запишутся так

(на той же длине кабеля):

$$W_x = J_{bx}^2 \frac{(\omega \Delta L)^2}{R_{cn}} \quad (8)$$

Таким образом, сопротивление

сверхпроводящей жилы должно быть

больше, чем

$$\frac{(\omega \Delta L)^2}{R_n} \quad (9)$$

При выполнении указанного условия

(9), суммарные тепловыделения в жи-

ле из нормального металла и сверх-

Проводящая жила оказываются значительно меньше потерь в подложке кабеля обычной конструкции такого же диаметра.

Однако при прохождении практически всего тока короткого замыкания в жиле из нормального металла, подложка сверхпроводящей жилы оказывается в переменном магнитном поле и в стабилизирующем материале подложки наводятся вихревые токи. Выбор толщины стабилизирующего материала подложки, меньшей его скин-слоя, приводит к уменьшению вихревых потерь в соответствии с формулой:

$$\frac{W_{\text{вихр}}}{W_n} = 2 \left(\frac{a}{\delta} \right)^3, \quad (10)$$

где $W_{\text{вихр}}$ — тепловыделение от вихревых токов, рассчитанное без учета действительных размеров локальных участков стабилизирующего материала, что приводит к некоторому их завышению;

Δ — толщина стабилизирующего материала подложки.

Значительное уменьшение толщины стабилизирующего материала подложки ограничивается требованиями по стабилизации сверхпроводящей жилы в номинальном режиме.

Таким образом наибольший эффект снижения тепловыделений, а следовательно и возможного уменьшения габарита кабеля достигается в конструкции кабеля, использующем сверхпроводники, обладающие в нормальном состоянии большим сопротивлением, стабилизирующая подложка которых обладает наибольшим сопротивлением транспортному току, причем толщина стабилизирующего материала подложки должна быть меньше скин-слоя.

Как показали проведенные оценки, в указанной конструкции кабеля наибольший вклад в тепловыделение вносят вихревые потери в подложке.

Шунтирование участков кабеля жилой из нормального металла позволяет предохранить сверхпроводник кабеля от прожогов в случае, когда нормальная зона продолжает распространяться по сверхпроводнику, несмотря на стабилизирующее воздействие подложки в номинальном режиме его работы. Такое шунтирование повышает надежность работы кабеля в номинальном режиме.

На фиг. 1 показан поперечный разрез однофазного коаксиального кабеля с трубчатыми проводниками; на фиг. 2 — то же, но продольный разрез; на фиг. 3 — поперечный разрез трехфазного кабеля с ленточными проводниками; на фиг. 4 — подложка сверхпроводящей жилы; на фиг. 5 — электрическое соединение сверхпроводящей жилы и жилы из нормального металла для прямого и обратного провода однофазного

кабеля; на фиг. 6, 7 — варианты выполнения кабеля.

Кабель содержит теплоизолирующую оболочку 1 и фазный проводник 2, включающий жилу 3 в виде полого элемента со сверхпроводником 4, стабилизированным подложкой 5, и жилу 6 из нормального металла, размещенную внутри жилы 3. Каждый сверхпроводящий экран (либо обратный провод) 7 снабжен подложкой 8, аналогичной подложке 5 фазного проводника 2, а обратный провод 7, кроме того, охвачен снаружи жилой 9 из нормального металла. Стабилизирующие подложки 5, 8 образованы локальными участками 10 стабилизирующего материала, разделенными материалом меньшей электропроводности 11. Причем активное сопротивление подложки в пределах секции превышает индуктивное сопротивление фазного проводника этой секции.

Электрическое соединение жилы 6 с жилой 3, а также жилы 9 с обратным проводом 7 происходит в местах 12, предназначенных для подсоединения концевых устройств 13, а при необходимости в местах 14 стыка секций 15. Охлаждение кабеля осуществляется гелием 16, который в однофазном кабеле с трубчатыми проводниками одновременно является основной электроизоляцией. Электроизоляция в трехфазном кабеле с ленточными проводниками осуществляется твердым ленточным диэлектриком 17.

Дистанционирование прямого и обратного провода в однофазном кабеле происходит с помощью диэлектрических проставок 18, снабженных электродами 21.

Трехфазный кабель содержит фазы 22, 23, выполненные аналогично показанному разрезу одной фазы, опорный элемент 24 сверхпроводящей жилы 3 кабеля с ленточными проводниками (фиг. 3).

На фиг. 6 показан вариант конструкции кабеля на примере однофазного кабеля с трубчатыми коаксиальными проводниками, для которого отличительной чертой является разделение жилы из нормального металла и сверхпроводящей жилы, а также разделение обратного провода и охватывающей его жилы из нормального металла эффективной теплоизоляцией, например вакуумной.

Сверхпроводящая жила 3 и обратный провод 7 снабжены по отдельности вакуумплотной оболочкой 25, например стальной, и отделены от соответствующих жил 6, 9 из нормального металла, выполненных в виде трубчатых проводников, теплоизоляцией 26, в данном случае вакуумом. Электрическое соединение жил 3, 6 между собой, а также обратного провода 7 и жилы 9 между собой осуществлено с помощью

11

714510

12

перемычек 27 из сверхпроводящего материала, Размещение жил 6, 9 обеспечивается опорами 28 с малой теплопроводностью.

В этом случае жила из нормального металла является аккумулятором тепла на время короткого замыкания, а темп сброса тепла в хладагент может быть сделан соизмеримым со скоростью протекания хладагента.

Введение теплоизоляции позволяет дополнительно уменьшить габариты кабеля, упростить конструкцию жилы из нормального металла, например, заполнить ее трубчатой, уменьшить теплоемкость этой жилы, выбрать менее чистый, но более дешевый проводник, повысить надежность стабилизирующего действия жилы на сверхпроводник в номинальном режиме работы кабеля. Для электрического соединения сверхпроводящей жилы и жилы из нормального металла (аналогично для обратного провода и его жилы) могут быть в этом случае использованы перемычки из сверхпроводящего материала, что явится тепловой развязкой указанного соединения. Кроме того, наличие теплоизоляции позволяет сделать жилу из нормального металла как неохлаждаемой, так и охлаждаемой, причем охлаждение этой жилы может отличаться от охлаждения сверхпроводящей жилы кабеля, например, осуществляться вымороженным хладагентом, таким как водород, что имеет свои положительные стороны.

Как уже указывалось выше, значительный вклад в тепловыделение режима короткого замыкания вносят вихревые потери в стабилизирующем материале подложки, величина которых связана с толщиной и свойствами этого материала, такими как удельное электросопротивление.

Однако уменьшение толщины или ухудшение электропроводности стабилизирующего материала ограничено условиями стабилизации сверхпроводящего кабеля в номинальном режиме его работы.

С другой стороны, использование таких сверхпроводников, как например Nb_3Sn (ниобий-олово), технология получения которых обуславливает наличие ниобиевого (Nb) подслоя, шунтирующего сверхпроводник и подложку, снижают требования к разделяющему материалу подложки, который может являться, в данном случае не диэлектриком, а например, ниобием либо его сплавом.

Локальные участки 10 стабилизирующего материала подложки 5, 8 могут быть армированы сверхпроводником 29, а внешняя поверхность разделяющего материала 11 подложки 8 экрана 7 и

внутренняя поверхность разделяющего материала 11 подложки 5 сверхпроводящей жилы 3 выполнены, например, из ниобия, легированного цирконием, покрыты слоем сверхпроводника 30, таким как Nb_3Sn (ниобий-олово) (фиг. 7).

Применяемые в подложке сверхпроводниковые материалы не превосходят по токонесущей способности основной сверхпроводник и не создают единых транспортных сверхпроводящих цепей, а лишь приводят к определенному локальному увеличению электропроводности, что снижает тепловыделение при стабилизации основного сверхпроводника и позволяет уменьшить толщину подложки, либо ухудшить чистоту нормального металла, что приводит к уменьшению вихревых потерь.

Такое решение создает предпосылки к использованию отходов производства выпускающих сверхпроводящие шины для различного рода магнитных систем и электрических машин и, кроме того, базируется на существующей сегодня технологии нанесения сверхпроводников.

Наиболее прогрессивная, на сегодняшний день, технология получения заготовок для токонесущих жил, например, коаксиального трубчатого кабеля, использует металлургический способ их получения, что значительно упрощается, если в качестве разделяющего материала в подложке применяются, например, такие материалы, как ниобий легированный различными присадками, либо его сплавы.

Представленные варианты конструкции многосекционного сверхпроводящего кабеля переменного тока позволяют выполнить его практически на номинальные параметры передачи электроэнергии независимо от параметров режима короткого замыкания места его установки в энергосистему.

Формула изобретения

1. Секционированный сверхпроводящий кабель переменного тока, содержащий теплоизолирующую оболочку, экран и фазный проводник, включающий по меньшей мере один токопровод из двух жил, одна жила выполнена в виде полого элемента со сверхпроводником и стабилизирующей подложкой, а другая размещена внутри первой, о т л и ч а ю щ и й с я тем, что, с целью уменьшения габаритов кабеля, при обеспечении непрерывного энергоснабжения потребителя в том числе и в случае потери сверхпроводимости в режиме короткого замыкания, стабилизирующая подложка каждой секции фазного проводника образована локальными участками стабилизирующего материала, разделен-

13

714510

14

ными материалом меньшей электропроводности, обе жилы фазного проводника электрически соединены по меньшей мере в местах, предназначенных для подсоединения концевых устройств, причем внутренняя жила выполнена из нормального металла, а толщина стабилизирующего материала подложки не превышает эффективной глубины проникновения переменного тока.

2 Кабель по п.1, отличающийся тем, что разделяющим материалом подложки служит диэлектрик.

3. Кабель по п.1, отличающийся тем, что, с целью упрощения технологии изготовления кабеля, разделяющим материалом подложки служит металл или сплав.

4. Кабель по пп.1-3, отличающийся тем, что, с целью улучшения стабилизации кабеля в номинальном режиме работы, стабилизирующий материал подложки армирован сверхпроводниковым материалом.

5. Кабель по пп.1,3, 4 отличающийся тем, что обращенная к жиле из нормального металла поверхность разделяющего материала подложки покрыта слоем сверхпроводника, например, аналогичного основному сверхпроводнику.

Источники информации, принятые во внимание при экспертизе

1. Klaudy P. A. "Supraleitende Kabel" "112-A" Bd 89 (1968 г.) № 14, 325-330.

2. "Исследование способов ограничения токов короткого замыкания применительно к криогенным линиям электропередач", Отчет № 152, ЭНИИ им. Г. М. Кржижановского, Москва, 1973.

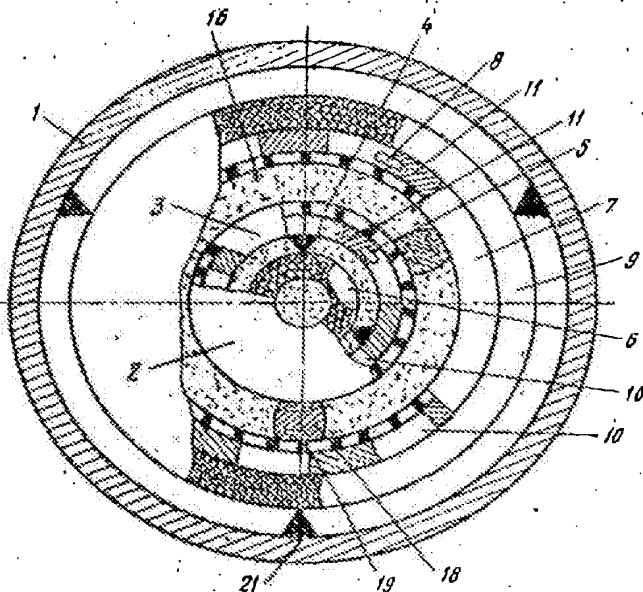
3. "Однополупериодный генераторный защитный воздушный выключатель", Фирма (ФРГ) Экспресс-информация, Электрические машины и аппараты 1972, № 1.

4. Taylor M. T. Conference of Low Temperatures and Electric Power Institute of Refrigeration, London, 1969.

5. Потапов Н. Н. Необратимость намагниченности сверхпроводящего соединения Nb₃Sn, кандидатская диссертация, ЦНИИ черной металлургии им. И. П. Бардина, Москва, 1971.

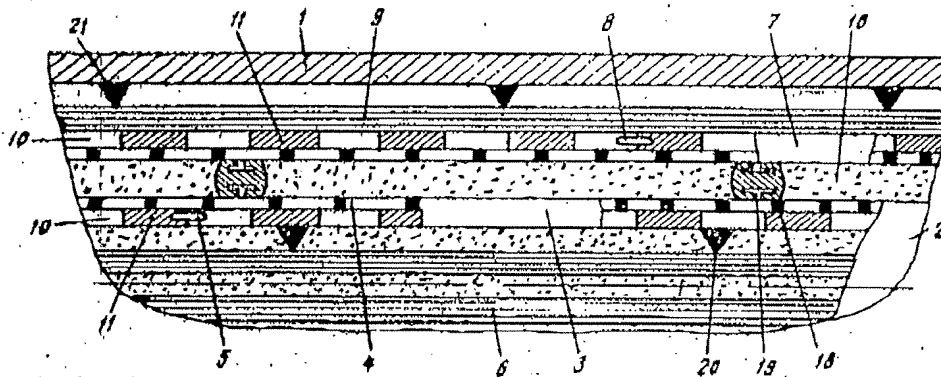
6. Meyerhoff K. W. "The fault recovery performance of helium insulated rigid a.c. Superconducting cable", Union Carbide Corporation, Tarrytown 1971.

7. Патент США № 3600498, кл. 174-15, 1971.

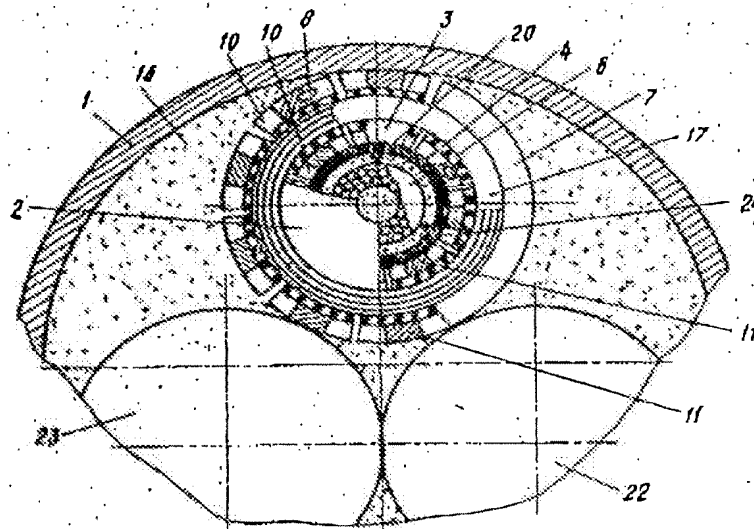


Фиг. 1

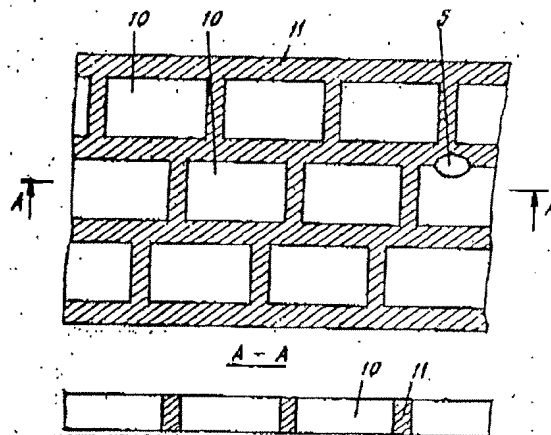
714510



Фиг. 2

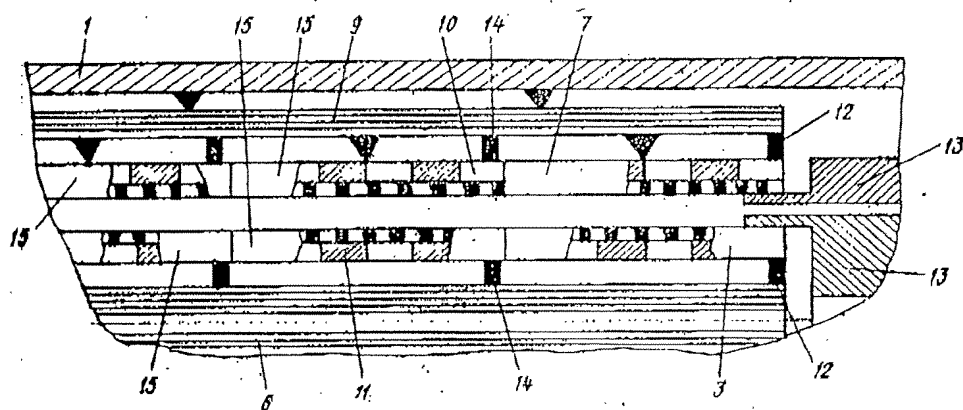


Фиг. 3

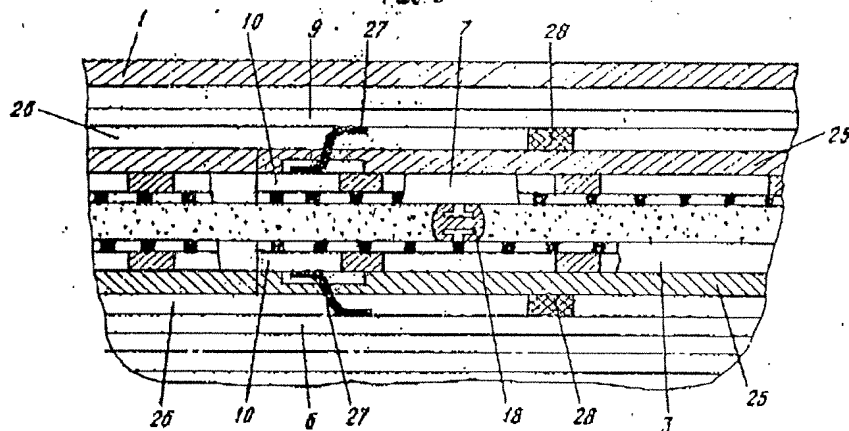


Фиг. 4

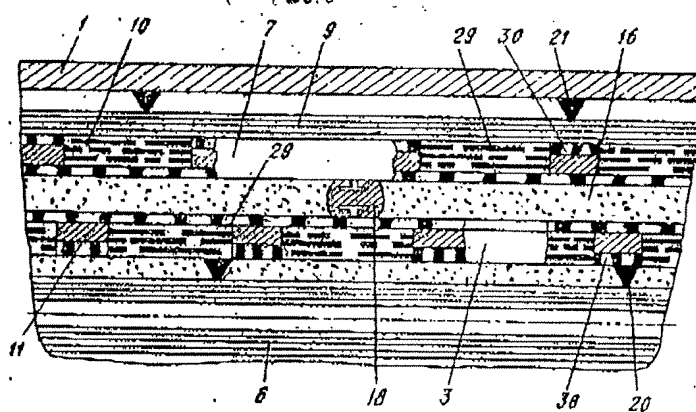
-714510



Фиг. 5



Фиг. 6



Фиг. 7

Составитель Н. Борисова
 Редактор Ю. Челюканов Техред Н. Алферова Корректор М. Шароши
 Заказ 9304/53 Тираж 844 Подписное
 ЦНИИЛИ Государственного комитета СССР
 по делам изобретения и открытий
 113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5
 Филиал ППП "Патент", г. Ужгород, ул. Проектная, 4